

Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie

MOHAMED MEDDI

Centre Universitaire de Khemis Miliana, 44225 Khemis Miliana, Algérie
mmeddi@yahoo.fr

PIERRE HUBERT

UMR Sisyphe, CIG Ecole des Mines de Paris, 35 rue St Honoré, F-77305 Fontainebleau, France

Résumé L'utilisation de plusieurs procédures statistiques nous a permis de constater une rupture de stationnarité dans des séries hydrométéorologiques mensuelles du nord-ouest de l'Algérie pour les mois d'hiver et ceux du début du printemps. Ces ruptures correspondent aux résultats déjà mis en évidence pour les totaux pluviométriques de l'hiver et du printemps, ce qui confirme l'influence fondamentale des pluies d'hiver sur les totaux annuels pour lesquels on constate les mêmes ruptures de stationnarité. Cette réduction des pluies affecte le renouvellement des ressources en eau superficielles et souterraines. L'étude de l'évolution des débits de certains cours d'eau montre une rupture de stationnarité semblable à celle des pluies, c'est à dire à partir des années soixante-dix. Depuis cette époque, les volumes d'eau écoulés n'ont cessé de régresser, ce qui nuit aux potentialités des eaux superficielles et au remplissage des barrages de la région qui constituent le moyen le plus répandu de satisfaire les besoins en eau.

Mots clefs changement climatiques; impact; nord-ouest Algérie; ressources en eau; rupture de stationnarité

Key words climatic change; impact; northwest Algeria; water resources; change in stationarity

INTRODUCTION

En Algérie, le niveau de satisfaction des besoins en eau domestiques et agricoles n'a cessé de baisser au cours des dernières années. On parle ainsi de plus en plus de "sécheresse" et de "persistance de la sécheresse", surtout pour la région Ouest du pays, ce qui impose de plus en plus l'idée que la diminution de la ressource est peut-être due à une évolution climatique. L'objet de notre étude a donc été de tester cette hypothèse car il se pourrait que le manque d'eau soit aussi lié à une mauvaise gestion de la ressource. Nous avons étudié l'évolution des pluies mensuelles et saisonnières d'un certain nombre de stations pluviométriques (séries de 1930 à 1998) du nord-ouest de l'Algérie.

DONNEES DE BASE

Les données utilisées dans ce travail proviennent de sept stations pluviométriques, de cinq stations hydrométriques et d'un forage de la plaine de Ghriss (Fig. 1). Elles proviennent des annuaires de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique et de

l'Office National de Météorologie. Après critique et homogénéisation des données, la période 1930/31–1997/98 (68 ans) a été retenue pour la pluviométrie. Pour les débits, les périodes varient d'une station à l'autre selon la disponibilité des mesures.

REGIMES PLUVIOMETRIQUES

Les pluies annuelles croissent du sud au nord et de l'ouest à l'est. Les valeurs plus élevées des pluies en altitude, à proximité du littoral, sont liées aux masses d'air humide venues du nord. Au nord-est de la région étudiée, les pluies dépassent 850 mm et diminuent vers le sud jusqu'à des valeurs de l'ordre de 100 mm. Le gradient selon la longitude, à l'est de la région, est d'environ 3 mm km^{-1} . On constate aussi des valeurs de pluies plus élevées sur les Monts de l'Oursenis, de Tiaret, de Tlemcen et de l'Atlas Blidéen. Les précipitations d'hiver concernent plutôt la partie nord-est du fait des flux dominants du nord-est, avec une diminution dans la partie ouest de la région étudiée du fait de l'effet d'abri exercé par l'Atlas Marocain vis à vis des vents d'ouest. Les vents du nord-ouest se vident de leur humidité sur le littoral et sur les massifs montagneux. Les pluies augmentent avec l'altitude sur le massif de l'Oursenis, les monts de Médéa et l'Atlas Blidéen. Au printemps, la situation est similaire à celle de l'hiver, mais les pluies augmentent sensiblement dans les parties intérieures de la région étudiée. La pluviométrie est toujours en étroite relation avec les flux du nord-est dominants et avec les vents de direction nord-ouest. En été, la pluviométrie chute considérablement. Les pluies de cette saison ont un caractère orageux. Elles croissent d'ouest en est et sont plus importantes sur les sommets de l'est. La longitude est ici le principal facteur d'explication de la répartition spatiale des pluies (Meddi, 1992). Les pluies d'automne

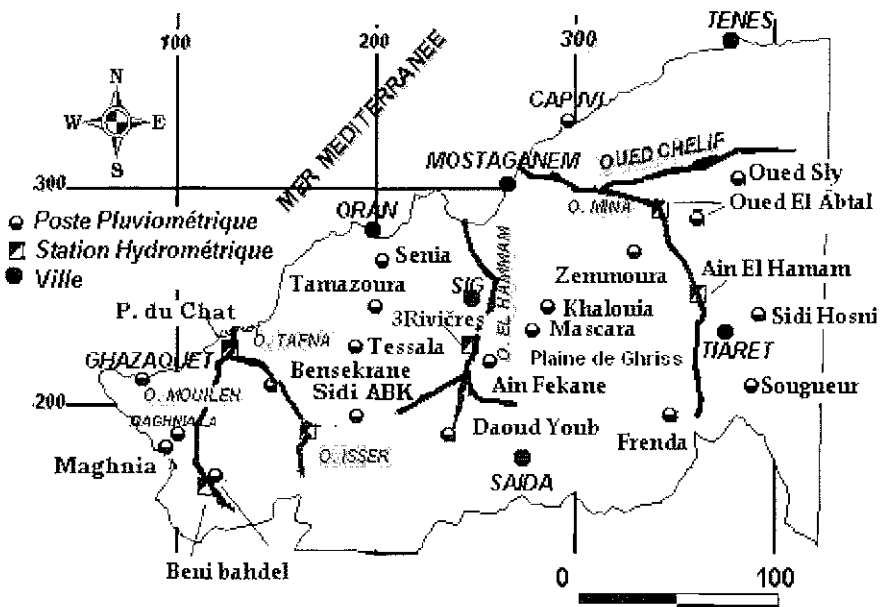


Fig. 1 Position des stations pluviométriques et hydrométriques.

croissent du sud au nord et d'ouest en est. Les vents responsables de ces pluies sont de direction nord, nord-ouest. Les régions qui reçoivent les pluies les plus importantes sont les mêmes qu'en hiver et qu'au printemps. La diminution des pluies constatée durant les trente dernières années, qui a touché l'ensemble de l'Algérie mais surtout l'ouest, se chiffre à (Meddi *et al.*, 2002): (a) 30 à 40% à l'échelle annuelle et plus de 40% en hiver et au printemps dans la région de Mascara; (b) 20 à 30% sur le littoral allant du centre à l'ouest du pays; et (c) 20% à l'échelle annuelle et 25% en hiver au centre du pays.

MODIFICATION DU REGIME PLUVIOMETRIQUE MENSUEL

Une étude de régionalisation (Matari *et al.*, 1995) a mis en évidence quatre ensembles régionaux distincts: la côte entre Oran et Cap Ivi, l'extrême ouest représenté par les plaines d'Oujda et de Maghnia, l'ensemble de direction nord-est entre Chlef et Saida et la région d'Ain Fekan et Mascara. Afin d'étudier l'évolution pluviométrique à l'échelle mensuelle, les stations de Maghnia, de Beni Bahdel, d'Oran, de Tamazourah, d'Ain Fekan, d'Oued Sly, de Sidi Hosni et de Sidi Ali Ben Youb (Fig. 1) ont été choisies pour représenter ces différents ensembles. La stationnarité ou la non-stationnarité des séries pluviométriques mensuelles intéresse beaucoup les utilisateurs, surtout en agronomie et pour la gestion des barrages. La détection d'une ou plusieurs ruptures indique l'évolution pluviométrique d'une région donnée à l'échelle mensuelle ou saisonnière. Cette rupture peut être considérée comme étant due à une modification des paramètres de la loi de probabilité des variables aléatoires dont les réalisations constituent les séries étudiées (Hubert *et al.*, 1989; Paturel *et al.*, 1997). Pour mettre en évidence les ruptures des séries pluviométriques mensuelles nous avons utilisé le Test de Pettit (1979), la méthode bayésienne de Lee & Heghinian (1977) et la procédure de segmentation de Hubert (Hubert *et al.*, 1989). Lubès-Niel *et al.* (1998) ont étudié la puissance et la robustesse de ces méthodes. La dernière a fait l'objet d'une évaluation spécifique avec un recul de 10 ans (Hubert *et al.*, 1998). L'application de ces méthodes a montré une rupture de stationnarité durant la décennie 1970–1980 pour les mois d'hiver et du début du printemps pour pratiquement l'ensemble des stations (Tableau 1). Ces ruptures correspondent aux résultats déjà mis en évidence pour les totaux pluviométriques de l'hiver et du printemps (Meddi *et al.*, 2002), ce qui confirme l'influence fondamentale de ces pluies sur les totaux annuels (plus de 65% selon Meddi *et al.*, 2000) qui présentent les mêmes ruptures de stationnarité. En automne, la rupture s'est produite très tôt (spécialement pour le mois de novembre), en 1959 pour quatre stations et même en 1949 pour l'une d'entre elles. Cette réduction des pluies affecte évidemment le renouvellement des eaux superficielles et souterraines.

MODIFICATION DU REGIME HYDROLOGIQUE

Afin de confirmer les résultats précédents, nous avons réalisé avec les mêmes méthodes une analyse de la stationnarité des débits annuels et saisonniers de cinq cours d'eau de la région étudiée dont les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 1 Ruptures dans les séries pluviométriques

Station	Maghnia	Beni - Bahdel	Tamazourah	Ain Fekane	Oued Sly	Sidi Hosni	Sidi Ali Ben Youb
Annuel	1980	1974	1973	1974	1980	1976	1975
Automne	---	1949	---	1959	1959	1959	1959
Hiver	1980	1973	1973	1973	1980	1973	1973
Printemps	1981	1975	1956	1974	1979	1974	1975
Octobre	1980	1980	1979	1980	1979	---	1980
Novembre	1943	1965	1944	1959	1941	1943	1944
Décembre	1980	1973	1973	1973	1973	1969	1974
Janvier	1977	1957	1974	1972	1960	1971	1975
Février	1974	1970	1974	1986	1986	1975	1973
Mars	1948	1974	1976	1974	1979	1974	1974
Avril	1981	1975	1976	1974	1980	1981	1976

A l'échelle annuelle:

- (a) Pour les bassins de l'extrême ouest, aux stations de Pierre du Chat, Beni Bahdel et Chouly, la rupture s'est manifestée durant les années 1979–1980. La réduction des lames d'eau écoulées varie de 61% à 71%.
- (b) Pour les bassins de la région est, aux stations Oued El Abtal et Ain El Hamara, la rupture de stationnarité est observée en 1972. La diminution est moins importante que pour les bassins de la région frontalière (ouest) et varie de 37% à 44%. Cela est confirmé également la réduction des totaux précipités sur ces bassins.
- (c) Pour la partie centrale, pour trois rivières, la rupture s'est produite en 1976 avec une diminution de l'ordre de 55%.

A l'échelle saisonnière:

- (a) Pour les bassins de l'extrême ouest, l'automne et l'hiver sont marqués par un changement du régime hydrologique semblable à celui de l'échelle annuelle avec une réduction dépassant les 50%. En hiver et en été, le changement s'est effectué bien avant c'est-à-dire en 1974, 1975 et 1978 avec une diminution largement supérieure à 50%.
- (b) Pour la région est, une augmentation des volumes d'eau écoulés s'est produite dès 1992 en automne. Les trois saisons restantes sont caractérisées par une diminution entre 1972 et 1976.
- (c) Pour la région centrale, la réduction des volumes d'eau est supérieure à 60% en hiver et en printemps (rupture en 1974 pour le printemps et en 1980 pour l'hiver).

IMPACT SUR LES APPORTS AUX BARRAGES

Nous prenons le barrage de Beni Bahdel comme exemple afin de mettre en évidence l'impact de la réduction de la pluviométrie sur les apports à l'amont du barrage (Fig. 2).

Tableau 2 Rupture des séries de débits des cinq cours d'eau étudiés et pourcentage de réduction (-) ou d'augmentation (+) de la moyenne après la rupture de la stationnarité.

	Pierre du Chat (1941-98)	Beni- Bahdel (1941-98)	Chouly (1941-98)	3 Rivières (1967-98)	Oued El Abtal (1953-94)	AinEl Hamara (1967-98)
Annuel	1979 (-71)	1979 (-67)	1980 (-61)	1976 (-55)	1972 (-44)	1972 (-0.37)
Automne	1979 (-51)	1979 (-55)	1979 (-63)	1982 (-10)	1993 (+67)	1992 (+95)
Hiver	1980 (-85)	1979 (-67)	1980 (-81)	1980 (-69)	1972 (-50)	1973 (-34)
Printemps	1974 (-79)	1974 (-65)	1975 (-54)	1974 (-67)	1974 (-54)	1974 (-32)
Été	1975 (-82)	1974 (-80)	1978 (-71)	1976 (-43)	1976 (-66)	1976 (-36)

Tableau 3 Déficit en apport à l'amont du barrage de Beni-Bahdel.

Période	Durée (an)	Déficit (mm)	Intensité (mm an ⁻¹)
1943-45	3	58.6	19.5
1954-57	4	29.3	7.3
1964-65	2	42.3	21.2
1975-1977	3	35.1	11.7
1980-2000	21	642.8	30.6

Le déficit cumulé est de 842 mm pour 37 années sur 60 (Tableau 3). Le déficit moyen est de 22.8 mm avec une intensité moyenne de 18 mm an⁻¹. La rupture de stationnarité de la série des apports est enregistrée en 1979 (diminution de l'ordre de 67%). Les apports saisonniers sont marqués par une rupture en 1974 pour le printemps et l'été et en 1979 pour l'automne et l'hiver (Tableau 2). L'intensité maximale moyenne est enregistrée après la date de rupture (30.3 mm an⁻¹). Cela montre l'aggravation du phénomène de déficit hydrologique dû principalement au déficit pluviométrique.

IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES

Les nappes de la plaine de Ghriss sont dans un état de surexploitation chronique, qui constitue un problème majeur pour les gestionnaires du secteur de l'eau. La surexploitation de ces nappes alimentées par les précipitations et dont le potentiel est dépassé provoque une baisse continue de leur niveau piézométrique. Au cours des dernières décennies, la région a été affectée par une sécheresse persistante, à l'origine d'une sous-alimentation naturelle de ces nappes, aggravée par la surexploitation des eaux souterraines. La Fig. 3 montre bien la baisse continue du niveau piézométrique de la nappe libre du Domaine Bekkad dans la plaine de Ghriss. Au niveau de ce bassin le volume d'eau exploité varie de 72 à 88 hm³ an⁻¹ alors que l'alimentation naturelle est de l'ordre de 64 hm³ an⁻¹. Cette diminution est due principalement à la baisse des précipitations des dernières décennies. Ce déséquilibre a conduit à un rabattement de la nappe alluviale de 5 à 40 m. Les aquifères du plateau de Mostaganem contenaient 794.3 × 10⁶ m³ en 1970 mais seulement 245.1 × 10⁶ m³ en 1995, c'est-à-dire une réduction de 69%. Cette diminution est principalement due à l'affaiblissement des précipitations et à l'augmentation du nombre de points d'eau (plus de 10 000 en 1995). La baisse du niveau piézométrique du plateau de Mostaganem est en moyenne de 8 à 10 m durant cette période. Elle atteint 15 à 18 m dans la partie est du bassin.

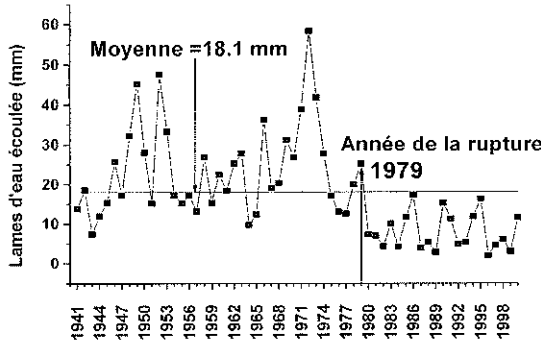


Fig. 2 Evolution des apports liquides au barrage de Beni-Bahdel.

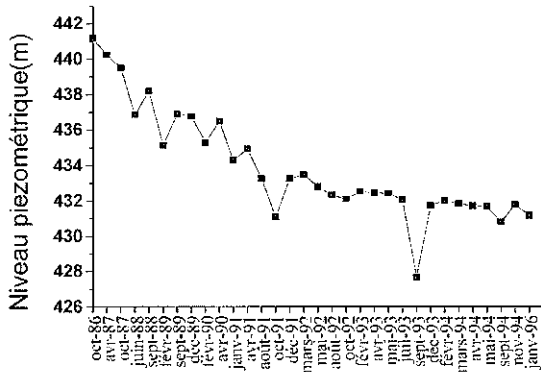


Fig. 3 Evolution de la piézométrie du domaine de Bekkad (surface libre).

CONCLUSIONS

La détection de ruptures dans les séries pluviométriques à l'échelle mensuelle a permis de localiser une modification du régime pluviométrique durant la décennie 1970–1980 pour la plupart des stations pluviométriques étudiées. A partir de cette date, une réduction des totaux précipités a été constatée et elle a pu être supérieure à 60%.

L'étude des séries de débits de certains bassins versant a montré un changement du régime hydrologique durant la décennie 1970–1980. A partir de ces dates une réduction considérable s'est manifestée au niveau des bassins versants de l'ouest de l'Algérie. Cela a été vérifié en étudiant les apports liquides au niveau du barrage de Beni-Bahdel où la réduction a atteint 67%. L'impact de cette modification du régime pluviométrique a provoqué une diminution des ressources en eau souterraine de plus de 60% et une baisse du niveau piézométrique de 5 à 40 m pour la nappe alluvionnaire de la plaine de Ghriss et de 5 à 10 m en moyenne pour le plateau de Mostaganem.

REFERENCES

Hubert, P., Carbonnel, J. P. & Chaouche, A. (1989) Segmentation des séries hydrométéorologiques: Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *J. Hydrol.* **110**, 349–367.

- Hubert, P., Servat, E., Bendjoudi, H., Paturel, J. E., Kouame, B., Lubès-Nic, L. H. & Carbonnel, J. P. (1998) La procédure de segmentation, dix ans après. In: *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century* (ed. by E. Servat, D. Hughes, J.-M. Fritsch & M. Hulme) (Proc. Abidjan'98, Côte d'Ivoire, November 1998), 267–274. IAHS Publ. no. 252.
- Lee, A. F. S. & Heghinian, S. M. (1977) A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variable: a Bayesian approach. *Technometrics* **19**, 503–506.
- Lubès-Niel, H., Masson, J. M., Paturel, J. E. & Servat E. (1998) Variabilité climatique et statistique. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Rev. des Science de l'eau* **11**(3), 383–408.
- Matari, A. & Douguedroit, A. (1995) Chronologie des précipitations et des sécheresses dans l'ouest Algérien. Les stratégies pour le contrôle des sécheresses. In: *Proc. 9e Conférence régionale afro-asiatique des Irrigations et du Drainage* (Alger, juin 1995), 266–278.
- Meddi, M. (1992) Hydropluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie). Doct. Thèse. Univ., Université Louis Pasteur, Strasbourg, Austria.
- Meddi, M. & Humbert, J. (2000) Variabilité pluviométrique dans l'ouest algérien durant les cinq dernières décennies. In: *Proc. 13ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (Nice, France, Septembre 2000).
- Meddi, M., Hubert, P. & Bendjoudi, H. (2002) Evolution du régime pluviométrique du nord-ouest de l'Algérie. (L'eau dans le bassin méditerranéen: Ressources et développement durable Monastir, Tunisie, Octobre 2002).
- Paturel, J. E., Servat, E., Kouame, B., Lubes, H., Ouedraogo, M. & Masson, J. M. (1997) Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea, Part II: An integrated regional approach. *J. Hydrol.* **191**, 16–36.
- Pettit, A. N. (1979) A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Stat.* **28**, 126–135.